

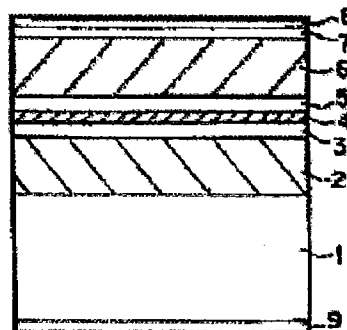
# SEMICONDUCTOR LASER

**Publication number:** JP11097794  
**Publication date:** 1999-04-09  
**Inventor:** FUKUNAGA TOSHIAKI  
**Applicant:** FUJI PHOTO FILM CO LTD  
**Classification:**  
- international: **H01S5/00; H01S5/00;** (IPC1-7): H01S3/18  
- European:  
**Application number:** JP19970259740 19970925  
**Priority number(s):** JP19970259740 19970925

Report a data error here

## Abstract of JP11097794

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a semiconductor laser of about 0.8  $\mu$ m band in which the reliability is enhanced under high output oscillation. **SOLUTION:** A p-Ca<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>As clad layer 2 (0.8 $\geq$ z $\geq$ 0.55), a p-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>Py<sub>2</sub> optical waveguide layer 3, an In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>Py<sub>3</sub> active layer 4, an n-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>Py<sub>2</sub> optical waveguide layer 5, an n-In<sub>x</sub>(Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>)<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>Py<sub>4</sub> clad layer 6 (1 $\geq$ y $\geq$ 0.85), and an n-GaAs contact layer 7 are grown sequentially on a p-GaAs substrate 1. The clad layers 2, 6 and the optical waveguide layers 3, 5 have a composition lattice matching with the substrate 1.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A cladding layer which has one conductivity of a p type or a n type on a GaAs substrate, The first photoconductive layer, an active layer, the second photoconductive layer, and a cladding layer that has the conductivity of another side of a p type or a n type are the semiconductor laser devices which this order comes to laminate, A cladding layer which has said p type conductivity consists of  $\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1}\text{As}$  ( $0.8 \geq z1 \geq 0.55$ ) which carries out lattice matching to said GaAs substrate, Said active layer consists of  $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{P}_{y3}$ , A cladding layer which has said n type conductivity consists of  $\text{In}_{x4}(\text{Ga}_{1-z4}\text{Al}_{z4})_{1-x4}\text{As}_{1-y4}\text{P}_{y4}$  ( $1 \geq y4 \geq 0.8$ ) which carries out lattice matching to said GaAs substrate, A semiconductor laser device, wherein said first and the second photoconductive layer are what consists of  $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{P}_{y2}$  which carries out lattice matching to said GaAs substrate.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the presentation of the semiconductor layer which constitutes a semiconductor laser device in detail about a semiconductor laser device.

[0002]

[Description of the Prior Art]As a semiconductor laser of a 0.7 – 0.85-micrometer belt, conventionally, The semiconductor laser which laminates a n-AlGaAs cladding layer, n or an i-AlGaAs lightguide, an i-AlGaAs active layer, p or an i-AlGaAs lightguide, a p-AlGaAs cladding layer, and a p-GaAs cap layer is common to n-GaAs substrate. However, with this structure, the resonator edge face which carried out cleavage to it and was formed in it in order that aluminum might oxidize to an active layer easily in activity chemically including aluminum deteriorates easily, and it is disadvantageous in respect of high-reliability.

[0003]Then, as a semiconductor laser of the 875 nm bands which become all-aluminum-free, As shown in IEEE Photonics technology Letters, Vol.6, and No.4(1994)pp.465, on n-GaAs substrate, The semiconductor laser which consists of a n-InGaP cladding layer, a undoped InGaAsP lightguide, a GaAs quantum well active layer, a undoped InGaAsP lightguide, a p-InGaP cladding layer, and a p-GaAs cap layer is proposed. However, the semiconductor laser without this aluminum has the large temperature dependence of an element characteristic, Although the highest optical power is as high as 4.2 W, it has the fault that luminous efficiency worsens by generating of the leakage current, by more than optical power 1W, and does not bear practically as high output semiconductor laser in the short wavelength region near the 0.8 mum.

[0004]On the other hand, an active layer as a semiconductor laser of the 0.8-micrometer belt which becomes aluminum-free, To n-GaAs substrate as shown in Jpn.J.Appl.Phys.Vol.34(1995) pp.L1175-1177, a n-AlGaAs cladding layer, The semiconductor laser which consists of an i-InGaP lightguide, an InGaAsP quantum well active layer, an i-InGaP lightguide, a p-AlGaAs cladding layer, and a p-GaAs cap layer is reported. However, this semiconductor laser has the fault that the temperature characteristics of an element characteristic are large, by overflow of a career.

The driving current in the time of a high-output oscillation increases, and degradation of the reliability by the chip temperature rise accompanying generation of heat arises.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]In light of the above-mentioned circumstances, this invention is \*\*\*\*. 0.8 [ good / the purpose / those with \*\*, and the injection efficiency of a career and reliable under a high-output oscillation ]. It is providing the semiconductor laser of mum belt.

[0006]

[Means for Solving the Problem]A cladding layer which has one conductivity of a p type or a n type on a semiconductor laser device of this invention, and a GaAs substrate, The first photoconductive layer, an active layer, the second photoconductive layer, and a cladding layer

that has the conductivity of another side of a p type or a n type are the semiconductor laser devices which this order comes to laminate, A cladding layer which has said p type conductivity consists of  $\text{Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{As}$  ( $0.8 \geq z_1 \geq 0.55$ ) which carries out lattice matching to said GaAs substrate, Said active layer consists of  $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ , A cladding layer which has said n type conductivity consists of  $\text{In}_{x_4}(\text{Ga}_{1-z_4}\text{Al}_{z_4})_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{P}_{y_4}$  ( $1 \geq y_4 \geq 0.8$ ) which carries out lattice matching to said GaAs substrate, Said first and the second photoconductive layer are characterized by being what consists of  $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$  which carries out lattice matching to said GaAs substrate.

[0007] Each of composition ratio  $x_n$  which does not specify a range in particular, and  $y_m$  can take any value of the range of  $0 \leq x_n \leq 1$  and  $0 \leq y_m \leq 1$ .

[0008]

[Effect of the Invention] Since the active layer comprises a presentation which does not contain aluminum, the semiconductor laser of this invention is reliable in respect of endurance as compared with the conventional 0.8  $\mu\text{m}$  belt semiconductor laser which contains aluminum in an active layer. By having made the above-mentioned p type clad layer into  $\text{Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{As}$ , Since band offset of the conducting zone of a lightguide and a p type clad layer can be enlarged and band offset with a valence band can be made small, Overflow of the electron from a lightguide to a p type clad layer can be reduced, and the injection efficiency of the electron hole to a lightguide can be raised from a p type clad layer. By having made the n type clad layer into  $\text{In}_{x_4}(\text{Ga}_{1-z_4}\text{Al}_{z_4})_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{P}_{y_4}$  ( $1 \geq y_4 \geq 0.8$ ), Since band offset of the valence band of a lightguide and a n type clad layer can be enlarged and band offset of a conducting zone can be made small, overflow of the electron hole from a lightguide to a n type clad layer can be reduced, and electronic injection efficiency can be raised.

[0009] That is, since the semiconductor laser of this invention can reduce driving current and can reduce generation of heat of an element by above overflow reduction and injection efficiency improvements of an electron and an electron hole, under a high-output oscillation, it becomes what has high reliability.

[0010]

[Embodiment of the Invention] A drawing is used for below and an embodiment of the invention is described to it.

[0011] Drawing 1 is a sectional view of the semiconductor laser concerning a first embodiment of this invention.

[0012] Below, the composition of this semiconductor laser is combined with a manufacturing method, and is explained.

[0013] By metal-organic chemical vapor deposition, on p-GaAs substrate 1 The p- $\text{Ga}_{1-z_1}\text{Al}_{z_1}\text{As}$  cladding layer 2 ( $0.8 \geq z_1 \geq 0.55$ ), p or the i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$  lightguide 3 ( $1 \geq x_2 \geq 0$ ,  $1 \geq y_2 \geq 0$ ), The  $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$  active layer 4 ( $1 \geq x_3 \geq 0$ ,  $1 \geq y_3 \geq 0$ ), n. Or the i- $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$  lightguide 5, the n- $\text{In}_{x_4}(\text{Ga}_{1-z_4}\text{Al}_{z_4})_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{P}_{y_4}$  cladding layer 6 ( $1 \geq x_4 \geq 0$ ,  $1 \geq y_4 \geq 0.8$ ,  $1 \geq z_4 \geq 0$ ), n-GaAs contact layer 7 is formed. The n lateral electrode 8 and the p lateral electrode 9 are formed in each of the contact layer 7 and the substrate 1 after that, and it completes. Each cladding layers 2 and 6 and each lightguides 3 and 5 are taken as the presentation which carries out lattice matching to GaAs substrate 1.

[0014] Since this semiconductor laser does not contain aluminum in the active layer 4, its endurance is high, and again, By having considered it as the lightguides 3 and 5 of the above presentations, and the cladding layers 2 and 6 to the active layer 4 which consists of  $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ , overflow of an electron and an electron hole decreases and electronic injection efficiency can be maintained highly. Therefore, generation of heat of an element can also be reduced and the semiconductor laser of a reliable 0.8  $\mu\text{m}$  belt can be realized under a high-output oscillation.

[0015]In the above-mentioned embodiment, an active layer is good also as the bulk or quantum well structure of the InGaAsP system material which carries out lattice matching. When considering it as quantum well structure, it may be the presentation which has a compressive strain and a tensile strain, and in this case, the barrier layer which compensates distortion on both sides of a quantum well layer may be provided. A quantum well layer may be multiple quantum well structure.

[0016]Although the GaAs substrate uses the p type conductive thing, using a n type conductive substrate, it may be grown up from a n type semiconductor layer, and may constitute a semiconductor laser from an above-mentioned embodiment.

[0017]In the above-mentioned embodiment, although the semiconductor laser of a simple double hetero structure was explained, it is good also as profit waveguide type stripe laser in which the insulator layer which has a current injection window of stripe shape was formed on the contact layer. The semiconductor layer composition of the semiconductor laser of this above-mentioned embodiment is also applicable to the semiconductor laser with a refractive-index waveguide mechanism produced using a usual photolithography and dry etching, a semiconductor laser with a diffraction grating, or an optical integrated circuit.

[0018]The sectional view of the semiconductor laser concerning a second embodiment of this invention is shown in drawing 2 with the making process.

[0019]Below, the lamination of this semiconductor laser is combined with a manufacturing method, and is explained.

[0020]By metal-organic chemical vapor deposition, on n-GaAs substrate 21 The  $n\text{-In}_{x4}(\text{Ga}_{1-x4}\text{Al}_{z4})_{1-x4}\text{As}_{1-y4}\text{P}_{y4}$  cladding layer 22 ( $1 \geq x4 \geq 0$ ,  $1 \geq y4 \geq 0.8$ ,  $1 \geq z4 \geq 0$ ), n or the  $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{P}_{y2}$  lightguide 23 ( $1 \geq x2 \geq 0$ ,  $1 \geq y2 \geq 0$ ), The  $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{P}_{y3}$  active layer 24 ( $1 \geq x3 \geq 0$ ,  $1 \geq y3 \geq 0$ ), p or the  $i\text{-In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{P}_{y2}$  lightguide 25, the first upper clad layer 26 ( $0.8 \geq z1 \geq 0.55$ ) of p- $\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1}\text{As}$ , The second upper clad layer 28 of p- $\text{In}_{x5}(\text{Ga}_{1-z5}\text{Al}_{z5})_{1-x5}\text{P}$  etching blocking layer 27 ( $1 \geq x5 \geq 0$ ,  $1 \geq z5 \geq 0$ ) (about 10 nm in thickness) p- $\text{Ga}_{1-z1}\text{Al}_{z1}\text{As}$ , and p-GaAs contact layer 29. It laminates one by one and the insulator layers 30, such as  $\text{SiO}_2$ , are further formed on this contact layer 29 (drawing 2 (a)). Each cladding layers 22, 26, and 28 and each lightguide 23, and 25 are taken as the presentation which carries out lattice matching to the substrate 21, respectively.

[0021]Then, it leaves the stripe shape portion 30a of the insulator layer 30 about 3 micrometers wide with the usual lithography, The stripe shape portion 30b with a width of about 6 micrometers of both the side is removed (the figure (b)), Wet etching removes the epitaxial layer from the contact layer 29 to the etching blocking layer 27 upper surface by using the insulator layer 30a of this left-behind stripe shape as a mask, and a ridge stripe is formed (the figure (c)). If sulfuric acid and a hydrogen-peroxide-solution system are used as an etching reagent at this time, etching will stop automatically by the etching blocking layer 27. Let thickness of the first upper clad layer 28 be the thickness which the refractive-index waveguide by single dominant mode can attain to high power in the ridge stripe waveguide formed as mentioned above. Next, the insulating layer 31 is formed all over a ridge part and the exposed etching blocking layer 27 (the figure (d)). Subsequently, with the usual lithography, as the insulator layer 31 on the upper surface of a ridge stripe part is removed (the figure (e)) and the exposed contact layer 29 is covered, the p lateral electrode 32 is formed, after that, polish of the substrate 21 is performed and the n lateral electrode 33 is formed (the figure (f)).

[0022]Then, a high reflectance coat and a low reflectance coat are carried out to the whole surface of the resonator face which carried out cleavage of the sample and formed it, after that, chip making is carried out and a semiconductor laser element is formed. By the above-mentioned structure, the laser beam of the 0.8  $\mu\text{m}$  belt of the optical power of a high level can be generated, with single transverse mode maintained.

[0023]The sectional view of the semiconductor laser concerning a third embodiment of this invention is shown in drawing 3 with the making process.

[0024]Below, the lamination of this semiconductor laser is combined with a manufacturing method, and is explained.

[0025]By metal-organic chemical vapor deposition, on p-GaAs substrate 41, the p-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>As cladding layer 42 (0.8 > z1 >= 0.55), p or the i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> lightguide 43 (1 > x2 >= 0, 1 > y2 >= 0), The In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub> active layer 44 (1 > x3 >= 0, 1 > y3 >= 0), n or the i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> lightguide 45, the n-In<sub>x4</sub>(Ga<sub>1-z4</sub>Al<sub>z4</sub>)<sub>1-x4</sub>As<sub>0.2</sub>P<sub>0.8</sub> first upper clad layer 46 (1 > x4 >= 0, 1 > z4 >= 0), The n-In<sub>x5</sub>(Ga<sub>1-z5</sub>Al<sub>z5</sub>)<sub>1-x5</sub>P second upper clad layer 47 (1 > x5 >= 0, 1 > z5 >= 0), n-GaAs contact layer 48 is laminated one by one, and the insulator layers 49, such as SiO<sub>2</sub>, are formed on this contact layer 48 (drawing 3 (a)). Each cladding layers 42, 46, and 47, each lightguide 43, and 45 are taken as the presentation which carries out lattice matching to the substrate 41.

[0026]Then, it leaves the stripe shape portion 49a with a width of about 3 micrometers of the insulator layer 49 with the usual lithography, The stripe shape portion 49b with a width of about 6 micrometers of both the side is removed (the figure (b)), Wet etching removes the epitaxial layer from the contact layer 48 to the first upper clad layer 46 upper surface by using the insulator layer 49a of this left-behind stripe shape as a mask, and a ridge stripe is formed (the figure (c)). If sulfuric acid and a hydrogen-peroxide-solution system are used as an etching reagent in order to remove the contact layer 48, and a chloride system is used in order to remove the second upper clad layer 47, etching will stop automatically by the first upper clad layer 46. Let thickness of the first upper clad layer 46 be the thickness which the refractive-index waveguide by single dominant mode can attain to high power in the waveguide of the ridge stripe width formed as mentioned above. Next, the insulator layer 50 is formed all over a ridge part and the first exposed upper clad layer 46 (the figure (d)). Subsequently, with the usual lithography, as the insulator layer 50 on the upper surface of a ridge stripe part is removed (the figure (e)) and the exposed contact layer 48 is covered, the n lateral electrode 51 is formed, after that, polish of the substrate 21 is performed and the p lateral electrode 52 is formed (the figure (f)).

[0027]then, the whole surface of the resonator face which carried out cleavage of the sample and formed it — a high reflectance coat — on the other hand, it is alike, chip making of the low reflectance coat is performed and carried out, and a semiconductor laser element is formed. By the above-mentioned structure, the laser beam of the optical power of a high level can be generated, with single transverse mode maintained.

[0028]It is also possible to create the refractive-index waveguide laser of an embedded structure further again by [ which repeat 3 times of growing processes ] carrying out using the same etching stopping mechanism as the above.

[0029]Although especially the above-mentioned embodiment showed the structure called SQW-SCH with a single quantum well and a constant lightguide presentation, it is good also as MQW which makes [ two or more ] a quantum well instead of SQW.

[0030]An oscillation wavelength is controllable in [ 750 nm ] < lambda < 1100 nm by controlling the composition ratio of said In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub> active layer, etc.

[0031]As a grown method of a semiconductor layer, the molecular beam epitaxy which uses an above-mentioned solid or gas besides metal-organic chemical vapor deposition as a raw material may be used.

[0032]The semiconductor laser of this invention is applicable also as a light source in high-speed information, image processing and communication, measurement, medical science, and the field of a printing this.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]The sectional view of the semiconductor laser concerning a first embodiment of this invention

[Drawing 2]The sectional view showing the semiconductor laser concerning a second embodiment of this invention, and its making process

[Drawing 3]The sectional view showing the semiconductor laser concerning a third embodiment of this invention, and its making process

[Description of Notations]

1 p-GaAs substrate

2 p-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>As cladding layer

3 p or an i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> lightguide

4 In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub> active layer

5 n or an i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> lightguide

6 n-In<sub>x4</sub>(Ga<sub>1-z4</sub>Al<sub>z4</sub>)<sub>1-x4</sub>As<sub>1-y4</sub>P<sub>y4</sub> cladding layer

7 n-GaAs contact layer

8 n lateral electrode

9 p lateral electrode

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

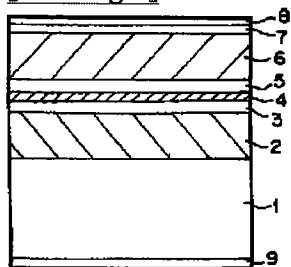
3.In the drawings, any words are not translated.

---

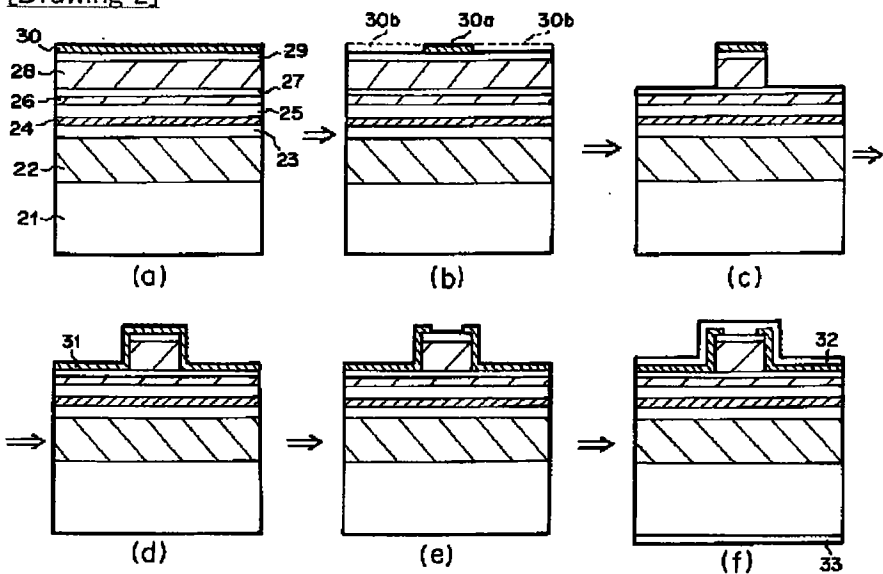
**DRAWINGS**

---

[Drawing 1]

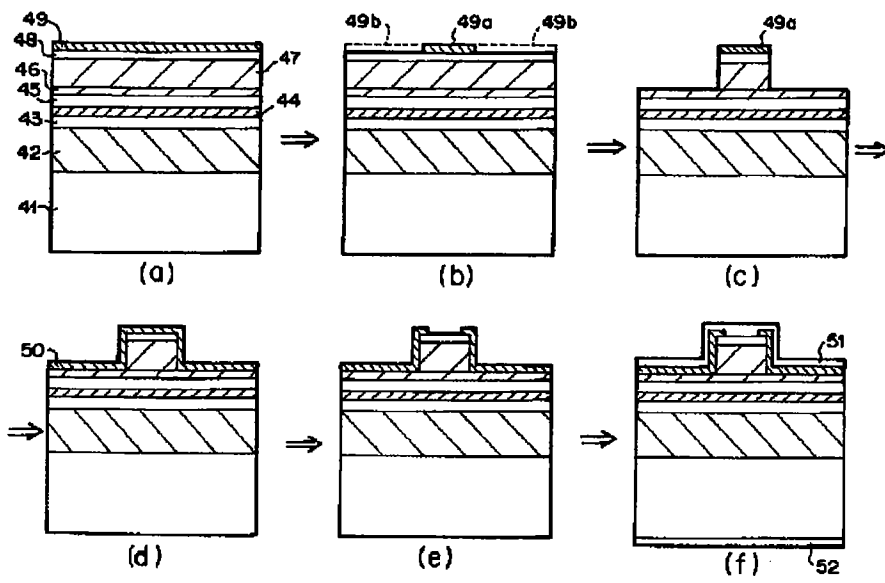


[Drawing 2]



[Drawing 3]





[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-97794

(43)公開日 平成11年(1999) 4月9日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-259740

(22)出願日 平成9年(1997)9月25日

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 福永 敏明

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

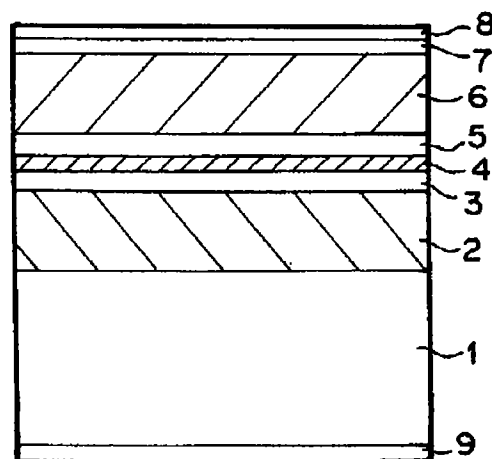
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 0.8  $\mu$ m 帯の半導体レーザにおいて、高出力発振下における信頼性を向上させる。

【解決手段】 p-GaAs基板1上に、p-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>Asクラッド層2 (0.8  $\geq z1 \geq 0.55$ )、p-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub>光導波層3、In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub>活性層4、n-In<sub>x4</sub>Ga<sub>1-x4</sub>As<sub>1-y4</sub>P<sub>y4</sub>光導波層5、n-In<sub>x4</sub>(Ga<sub>1-x4</sub>Al<sub>z4</sub>)<sub>1-x4</sub>As<sub>1-y4</sub>P<sub>y4</sub>クラッド層6 (1  $\geq y4 \geq 0.8$ )、n-GaAsコンタクト層7を順次成長させる。なお、クラッド層2、6および光導波層3、5は基板1に格子整合する組成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板上に、p型またはn型の一方向の導電性を有するクラッド層、第一光導電層、活性層、第二光導電層、p型またはn型の他方の導電性を有するクラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記p型導電性を有するクラッド層が、前記GaAs基板と格子整合する $Ga_{1-z_1} Al_{z_1} As$  ( $0.8 \geq z_1 \geq 0.55$ ) からなり、

前記活性層が $In_{x_3} Ga_{1-x_3} As_{1-y_3} P_{y_3}$  からなり、

前記n型導電性を有するクラッド層が、前記GaAs基板と格子整合する $In_{x_4} (Ga_{1-z_4} Al_{z_4})_{1-z_4} As_{1-y_4} P_{y_4}$  ( $1 \geq y_4 \geq 0.8$ ) からなり、

前記第一および第二光導電層が、前記GaAs基板と格子整合する $In_{x_2} Ga_{1-x_2} As_{1-y_2} P_{y_2}$  からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ装置に関し、詳しくは半導体レーザ装置を構成する半導体層の組成に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、 $0.7-0.85 \mu m$ 帯の半導体レーザとしては、n-GaAs基板上に、n-AlGaAsクラッド層、nまたはi-AlGaAs光導波層、i-AlGaAs活性層、pまたはi-AlGaAs光導波層、p-AlGaAsクラッド層、p-GaAsキャップ層を積層してなる半導体レーザが一般的である。しかし、この構造では活性層にAlを含み、Alは化学的に活性で酸化されやすいため、劈開して形成した共振器端面が劣化しやすく、高信頼性という点で不利である。

【0003】そこで、オールAlフリーとなる $875 nm$ 帯の半導体レーザとして、IEEE Photonics technology Letters, Vol. 6, No. 4 (1994) pp. 465 に示されるようにn-GaAs基板上に、n-InGaP クラッド層、アンドープInGaAsP 光導波層、GaAs量子井戸活性層、アンドープInGaAsP 光導波層、p-InGaP クラッド層、p-GaAsキャップ層からなる半導体レーザが提案されている。しかし、このAlフリーの半導体レーザは素子特性の温度依存性が大きく、最高光出力は $4.2 W$ と高いが、光出力 $1 W$ 以上で漏れ電流の発生により発光効率が悪くなってくるという欠点を有しており、 $0.8 \mu m$ 近傍の短波長帯では高出力半導体レーザとしては実用上耐えないものである。

【0004】一方、活性層がAlフリーとなる $0.8 \mu m$ 帯の半導体レーザとして、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. L1175-1177に示されているようなn-GaAs基板上にn-AlGaAsクラッド層、i-InGaP 光導波層、InGaAsP 量子井戸活性層、i-InGaP 光導波層、p-AlGaAsクラッド層、p-GaAsキャップ層からなる半導体レーザが報告されている。しかし、この半導体レーザは、キャリアのオーバーフローにより素子特性の温度特性が大きいという欠点を持つ

ており、高出力発振時での駆動電流が増大し、発熱に伴う素子温度上昇による信頼性の劣化が生じる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、耐久性があり、かつ、キャリアの注入効率が良く、高出力発振下においても信頼性の高い $0.8 \mu m$ 帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。

## 【0006】

10 【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ装置は、GaAs基板上に、p型またはn型の一方向の導電性を有するクラッド層、第一光導電層、活性層、第二光導電層、p型またはn型の他方の導電性を有するクラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、前記p型導電性を有するクラッド層が、前記GaAs基板と格子整合する $Ga_{1-z_1} Al_{z_1} As$  ( $0.8 \geq z_1 \geq 0.55$ ) からなり、前記活性層が $In_{x_3} Ga_{1-x_3} As_{1-y_3} P_{y_3}$  からなり、前記n型導電性を有するクラッド層が、前記GaAs基板と格子整合する $In_{x_4} (Ga_{1-z_4} Al_{z_4})_{1-z_4} As_{1-y_4} P_{y_4}$  ( $1 \geq y_4 \geq 0.8$ ) からなり、前記第一および第二光導電層が、前記GaAs基板と格子整合する $In_{x_2} Ga_{1-x_2} As_{1-y_2} P_{y_2}$  からなるものであることを特徴とするものである。

【0007】なお、特に範囲を指定していない組成比 $x_n$ 、 $y_n$ はいずれも $0 \leq x_n \leq 1$ 、 $0 \leq y_n \leq 1$ の範囲の任意の値を取り得る。

## 【0008】

【発明の効果】本発明の半導体レーザは、活性層がAlを含まない組成で構成されているため、活性層にAlを含む従来の $0.8 \mu m$ 帯半導体レーザと比較して耐久性の面で信頼性が高い。また、上記p型クラッド層を $Ga_{1-z_1} Al_{z_1} As$ としたことにより、光導波層とp型クラッド層の伝導帯のバンドオフセットを大きくすることができ、且つ価電子帯とのバンドオフセットを小さくすることができるので、光導波層からp型クラッド層への電子のオーバーフローを低減でき、p型クラッド層から光導波層への正孔の注入効率を上げることができる。さらに、n型クラッド層を $In_{x_4} (Ga_{1-z_4} Al_{z_4})_{1-z_4} As_{1-y_4} P_{y_4}$  ( $1 \geq y_4 \geq 0.8$ ) としたことにより、光導波層とn型クラッド層の価電子帯のバンドオフセットを大きくすることができ、且つ伝導帯のバンドオフセットを小さくすることができるので、光導波層からn型クラッド層への正孔のオーバーフローを低減でき、電子の注入効率を上げることができる。

【0009】すなわち、本発明の半導体レーザは、上述のような電子及び正孔のオーバーフロー低減と注入効率改善により、駆動電流を低減することができ、素子の発熱を低減することができるので、高出力発振下においても信頼性の高いものとなる。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を図面

を用いて説明する。

【0011】図1は、本発明の第一の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。

【0012】以下に、本半導体レーザの構成を作製方法と併せて説明する。

【0013】有機金属気相成長法によりp-GaAs基板1上に、p-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>Asクラッド層2 ( $0.8 \geq z1 \geq 0.55$ )、p または i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> 光導波層3 ( $1 \geq x2 \geq 0$ ,  $1 \geq y2 \geq 0$ )、In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub> 活性層4 ( $1 \geq x3 \geq 0$ ,  $1 \geq y3 \geq 0$ )、n または i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> 光導波層5、n-In<sub>x4</sub>(Ga<sub>1-x4</sub>Al<sub>z4</sub>)<sub>1-z4</sub>As<sub>1-y4</sub>P<sub>y4</sub> クラッド層6 ( $1 \geq x4 \geq 0$ ,  $1 \geq y4 \geq 0.8$ ,  $1 \geq z4 \geq 0$ )、n-GaAsコンタクト層7を形成する。その後コンタクト層7および基板1のそれぞれにn側電極8およびp側電極9を形成して完成する。なお、各クラッド層2、6および各光導波層3、5はGaAs基板1に格子整合する組成とする。

【0014】本半導体レーザは、活性層4にAlを含まないため耐久性が高く、また、In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub> からなる活性層4に対して上記のような組成の光導波層3、5およびクラッド層2、6としたことにより、電子および正孔のオーバーフローが少なくなり電子の注入効率を高く維持することができる。従って、素子の発熱も低減することができ、高出力発振下においても信頼性の高い0.8 μm帯の半導体レーザを実現することができる。

【0015】なお、上記実施形態において、活性層は格子整合するInGaAsP系材料のバルクもしくは量子井戸構造としてもよい。量子井戸構造とする場合には圧縮歪や引張歪を有する組成であってもよく、この際には、量子井戸層を挟んで歪を補償する障壁層を設けてもよい。さらに、量子井戸層は多重量子井戸構造であってもよい。

【0016】また、上記実施の形態では、GaAs基板はp型の導電性のものを用いているが、n型の導電性の基板を用い、n型半導体層から成長させて半導体レーザを構成してもよい。

【0017】なお、上記実施の形態においては、単純なダブルヘテロ構造の半導体レーザについて説明したが、コンタクト層上にストライプ状の電流注入窓を有する絶縁膜を形成した利得導波型ストライプレーザとしてもよい。さらに、上記本実施形態の半導体レーザの半導体層構成を、通常のリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率導波機構付き半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【0018】本発明の第二の実施形態に係る半導体レーザの断面図をその作製工程と共に図2に示す。

【0019】以下に、本半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0020】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板21上に、n-In<sub>x4</sub>(Ga<sub>1-x4</sub>Al<sub>z4</sub>)<sub>1-z4</sub>As<sub>1-y4</sub>P<sub>y4</sub> クラッド層22

( $1 \geq x4 \geq 0$ ,  $1 \geq y4 \geq 0.8$ ,  $1 \geq z4 \geq 0$ )、n または i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> 光導波層23 ( $1 \geq x2 \geq 0$ ,  $1 \geq y2 \geq 0$ )、In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub> 活性層24 ( $1 \geq x3 \geq 0$ ,  $1 \geq y3 \geq 0$ )、p または i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> 光導波層25、p-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>As第一上部クラッド層26 ( $0.8 \geq z1 \geq 0.55$ )、p-In<sub>x5</sub>(Ga<sub>1-x5</sub>Al<sub>z5</sub>)<sub>1-z5</sub>P エッチング阻止層27 ( $1 \geq x5 \geq 0$ ,  $1 \geq z5 \geq 0$ ) (厚み10nm程度) p-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>As第二上部クラッド層28、p-GaAsコンタクト層29を順次積層し、さらにこのコンタクト層29上にSiO<sub>2</sub>等の絶縁膜30を形成する(図2(a))。なお、各クラッド層22、26、28および各光導波層23、25はそれぞれ基板21に格子整合する組成とする。

【0021】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜30の、幅3 μm程度のストライプ状部分30aを残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライプ状部分30bを除去し(同図(b))、この残されたストライプ状の絶縁膜30aをマスクとしてウェットエッチングによりコンタクト層29からエッチング阻止層27上面までのエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する(同図(c))。このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系を用いると、エッチングがエッチング阻止層27で自動的に停止する。第一上部クラッド層28の厚みは、上述のようにして形成されたリッジストライプ導波路において単一基本モードによる屈折率導波が高出力まで達成できるような厚みとする。次に、リッジ部および露出しているエッチング阻止層27の全面に絶縁層31を形成する(同図(d))。次いで、通常のリソグラフィにより、リッジストライプ部上面の絶縁膜31を除去し(同図(e))、露出されたコンタクト層29を覆うようにしてp側電極32を形成し、その後、基板21の研磨を行いn側電極33を形成する(同図(f))。

【0022】その後、試料を劈開して形成した共振器面の一面に高反射率コート、低反射率コートを行い、その後、チップ化して半導体レーザ素子を形成する。上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0023】本発明の第三の実施形態に係る半導体レーザの断面図をその作製工程と共に図3に示す。

【0024】以下に、本半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0025】有機金属気相成長法により、p-GaAs基板41上に、p-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>Asクラッド層42 ( $0.8 \geq z1 \geq 0.55$ )、p または i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> 光導波層43 ( $1 \geq x2 \geq 0$ ,  $1 \geq y2 \geq 0$ )、In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub> 活性層44 ( $1 \geq x3 \geq 0$ ,  $1 \geq y3 \geq 0$ )、n または i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub> 光導波層45、n-In<sub>x4</sub>(Ga<sub>1-x4</sub>Al<sub>z4</sub>)<sub>1-z4</sub>As<sub>0.2</sub>P<sub>0.8</sub> 第一上部クラッド層46 ( $1 \geq x4 \geq 0$ ,  $1 \geq z4 \geq 0$ )、n-In<sub>x5</sub>(Ga<sub>1-x5</sub>Al<sub>z5</sub>)<sub>1-z5</sub>P 第二上部クラッド層47 ( $1 \geq x5 \geq 0$ ,  $1 \geq z5 \geq 0$ )、n-GaAsコンタクト層48を

順次積層し、このコンタクト層48上に $\text{SiO}_2$ 等の絶縁膜49を形成する(図3(a))。なお、各クラッド層42, 46, 47、各光導波層43, 45は、基板41に格子整合する組成とする。

【0026】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜49の幅 $3\mu\text{m}$ 程度のストライプ状部分49aを残して、その両サイドの幅 $6\mu\text{m}$ 程度のストライプ状部分49bを除去し(同図(b))、この残されたストライプ状の絶縁膜49aをマスクとしてウェットエッチングによりコンタクト層48から第一上部クラッド層46上面までのエピタキシャル層を除去してリッジストライプを形成する(同図(c))。エッチング液として、コンタクト層48を除去するために硫酸と過酸化水素水系を用い、第二上部クラッド層47を除去するために塩酸系を用いると、エッチングが第一上部クラッド層46で自動的に停止する。第一上部クラッド層46の厚みは、上述のようにして形成されたリッジストライプ幅の導波路において単一基本モードによる屈折率導波が高出力まで達成できるような厚みとする。次に、リッジ部および露出している第一上部クラッド層46の全面に絶縁膜50を形成する(同図(d))。次いで、通常のリソグラフィにより、リッジストライプ部上面の絶縁膜50を除去し(同図(e))、露出されたコンタクト層48を覆うようにしてn側電極51を形成し、その後、基板21の研磨を行いp側電極52を形成する(同図(f))。

【0027】その後、試料を劈開して形成した共振器面の一面に高反射率コート、他面に低反射率コートを行い、チップ化して半導体レーザ素子を形成する。上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力のレーザ光を発生させることができる。

【0028】さらにまた、上記と同様のエッチング停止機構を用いて、3回の成長工程を繰り返す行うことによ\*

\*り埋め込み構造の屈折率導波レーザを作成することも可能である。

【0029】上記実施の形態では特に量子井戸が単一で、光導波層組成が一定のSQW-SCHと呼ばれる構造を示したが、SQWの代わりに量子井戸を複数とするMQWとしてもよい。

【0030】また、前記 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{P}_{y3}$ 活性層の組成比等を制御することにより、発振波長は、 $750\text{nm} < \lambda < 1100\text{nm}$ の範囲で制御が可能である。

【0031】また、半導体層の成長法としては上述の有機金属気相成長法その他、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい。

【0032】なお、本発明の半導体レーザは高速な情報・画像処理および通信、計測、医療、印刷当の分野での光源としても応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施形態に係る半導体レーザの断面図

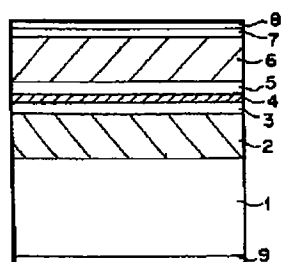
【図2】本発明の第二の実施形態に係る半導体レーザおよびその作製工程を示す断面図

【図3】本発明の第三の実施形態に係る半導体レーザおよびその作製工程を示す断面図

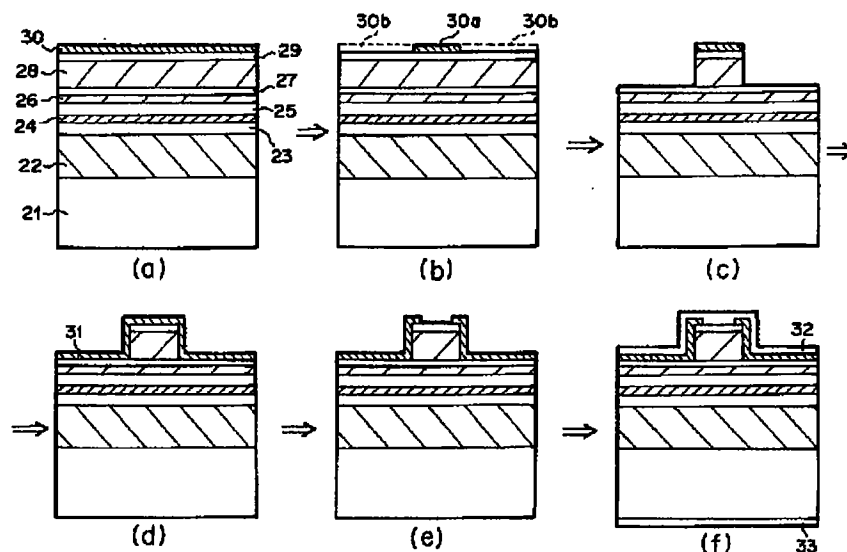
【符号の説明】

- 1 p-GaAs基板
- 2 p- $\text{Ga}_{1-x1}\text{Al}_{x1}\text{As}$ クラッド層
- 3 p または i- $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{P}_{y2}$  光導波層
- 4  $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{P}_{y3}$  活性層
- 5 n または i- $\text{In}_{x2}\text{Ga}_{1-x2}\text{As}_{1-y2}\text{P}_{y2}$  光導波層
- 6 n- $\text{In}_{x4}(\text{Ga}_{1-x4}\text{Al}_{x4})_{1-x4}\text{As}_{1-y4}\text{P}_{y4}$  クラッド層
- 7 n-GaAs コンタクト層
- 8 n側電極
- 9 p側電極

【図1】



【図2】



【図 3】

